

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-48152

(43)公開日 平成10年(1998)2月20日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 21/89			G 0 1 N 21/89	B
				A
G 0 1 B 11/30			G 0 1 B 11/30	G

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平8-202022

(22)出願日 平成8年(1996)7月31日

(71)出願人 000000099

石川島播磨重工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72)発明者 御園 昇平

東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島  
播磨重工業株式会社東二テクニカルセンタ  
一内

(72)発明者 河野 幸弘

東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島  
播磨重工業株式会社東二テクニカルセンタ  
一内

(74)代理人 弁理士 絹谷 信雄

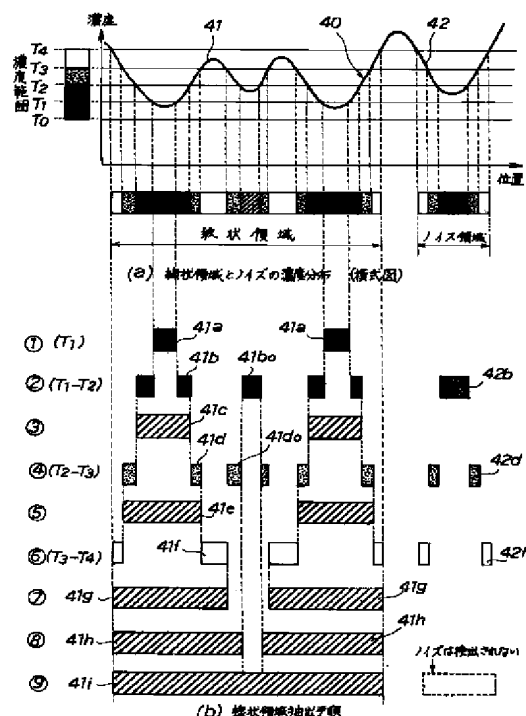
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 微細線状欠陥の検出方法及びその装置

(57)【要約】

【課題】 対象物の抽出ごとにパラメータの変更を行うことなく線状の欠陥を精度良く抽出できる微細線状欠陥の検出方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 検出対象物を撮像した画像より微細線状欠陥を検出する方法において、画像に正規化処理を施した後、その正規化画像より多重多段階スライス法にて、ノイズ42を除去できる低いしきい値 $T_1$ で2値化したときの線状欠陥41aとつらなる多段階の濃度範囲( $T_1 \sim T_4$ )の線状欠陥41b, d, fを統合してこれを線状欠陥候補41iとして検出し、さらに局所欠陥領域の結合と大局的欠陥領域の結合により微細線状欠陥を検出する方法である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 検出対象物を撮像した画像より微細線状欠陥を検出する方法において、画像に正規化処理を施した後、ノイズを除去できる低いしきい値で2値化した領域を初期の核とし、多段階の濃度範囲で2値化した領域が、核領域と近接していれば核領域に反復的に統合する多重多段階スライス法を用いて線状欠陥候補を検出することを特徴とする微細線状欠陥の検出方法。

【請求項2】 線状欠陥候補を抽出した後、この各線状欠陥候補を直線セグメントに記述し、これら直線セグメントの方向の連続性が局所的に保たれているセグメントを統合すると共に、2つ以上のセグメントが大局的に直線或いは2次曲線を構成しているかを判定し、2次曲線を構成する場合には、構成要素となる各セグメントを結合し、局所的欠陥領域の結合と大局的欠陥領域の結合より、微細線状欠陥を抽出する請求項1記載の微細線状欠陥の検出方法。

【請求項3】 検出対象物を撮像した画像より微細線状欠陥を検出する装置において、検査対象物を撮像する画像入力装置と、画像に正規化処理を施した後、ノイズを除去できる低いしきい値で2値化した領域を初期の核とし、多段階の濃度範囲で2値化した領域が、核領域と近接していれば核領域に反復的に統合する多重多段階スライス法を用いて線状欠陥候補を検出する画像処理装置と、この各線状欠陥候補を直線セグメントに記述し、これら直線セグメントの方向の連続性が局所的に保たれているセグメントを統合すると共に、2つ以上のセグメントが大局的に直線或いは2次曲線を構成しているかを判定し、2次曲線を構成する場合には、構成要素となる各セグメントを結合し、局所的欠陥領域の結合と大局的欠陥領域の結合より、微細線状欠陥を抽出する判定装置とを備えたことを特徴とする微細線状欠陥検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、検出対象物を撮像した画像より微細線状欠陥を検出する方法及び装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】溶接部や金属のヘアクラック或いはコンクリート面のひび割れなどの微細線状欠陥を画像処理技術で自動的に検出することが試みられている。

【0003】従来、検出対象物を撮像した画像より欠陥を検出するには、その欠陥部が比較的大きくかつ濃淡差の大きい場合には、2段階しきい値法が用いられている。

【0004】2段階しきい値法では、まず、低いしきい値で2値化することによって、図10(a)に示すように一部分ではあるが、確実に欠陥である非常に暗い部分11aのみを抽出し、ノイズを含まない画像10aを作成する。次に、高いしきい値で2値化することによ

て、図10(b)に示すように、ノイズ12bを含むものの欠陥領域11bを全て抽出した画像10bを作成する。最後に、図10(c)に示すように、両画像10a、10bを重ね合わせた画像10cにおいて、高いしきい値により2値化画像の中で、低いしきい値による2値化画像の領域11cを含む領域13を残し、低いしきい値による2値化画像の領域を含まない領域12cをノイズとして除去する。結果的に図10(d)の画像10dに示すように高いしきい値で2値化された領域の中で、低い濃度値を持つ領域を欠陥領域11dとして抽出する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、ヘアクラックやひび割れなど抽出すべき領域が細く、かつ周囲との濃淡差が小さい場合、2値化しきい値を低くすると、領域となる線がバラバラに途切れ、高くすると多くのノイズも抽出するため、2段階しきい値法を用いても有効に動作しない。

【0006】これを図9により説明すると、図9(a)は、ノイズを含まない低いしきい値による2値化画像15a、図9(b)は、全線が抽出できるしきい値で2値化した画像15b、図9(c)は、図9(a)のしきい値よりも高いしきい値で2値化した画像15cを示している。

【0007】図9(a)の画像15aと図9(b)の画像15bを重ね合わせて図9(d)に示す画像15dとし、この画像15dより、画像15aに含まれる線状欠陥領域16aを含む画像15bの領域16bを抽出しても図9(f)の画像15fに示すように、ノイズ17bは除去できるものの、画像15bの線状欠陥領域16bのように、抽出すべき領域が、バラバラに途切れているため抽出結果の15fで、一部の線状欠陥を抽出できない。

【0008】また全ての線状欠陥を抽出しようとして、図9(b)の画像15bと図9(c)の画像15cを重ね合わせて、図9(e)に示す画像15eとし、この画像15eより画像15bの中で画像15cの線状領域16cを含む領域を抽出すると、図9(g)の画像16gに示すように欠陥領域16gにはノイズ17gも含んでしまう問題が起こる。

【0009】このように、2段階しきい値により抽出するには、しきい値の設定によって、抽出すべき領域が抽出できなかったり、抽出すべき領域を抽出できても、ノイズを多く抽出してしまう場合があり、最適なパラメータの設定は困難である。

【0010】そこで、本発明の目的は、上記課題を解決し、対象物の抽出ごとにパラメータの変更を行うことなく線状の欠陥を精度良く抽出できる微細線状欠陥の検出方法及びその装置を提供することにある。

## 【0011】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1の発明は、検出対象物を撮像した画像より微細線状欠陥を検出する方法において、画像に正規化処理を施した後、ノイズを除去できる低いしきい値で2値化した領域を初期の核とし、多段階の濃度範囲で2値化した領域が、核領域と近接していれば核領域に反復的に統合する多重多段階スライス法を用いて線状欠陥候補を検出する微細線状欠陥の検出方法である。請求項2の発明は、線状欠陥候補を抽出した後、この各線状欠陥候補を直線セグメントに記述し、これら直線セグメントの方向の連続性が局所的に保たれているセグメントを統合すると共に、2つ以上のセグメントが大局的に直線或いは2次曲線を構成しているかを判定し、2次曲線を構成する場合には、構成要素となる各セグメントを結合し、局所的欠陥領域の結合と大局的欠陥領域の結合より、微細線状欠陥を抽出する請求項1記載の微細線状欠陥の検出方法である。

【0012】請求項3の発明は、検出対象物を撮像した画像より微細線状欠陥を検出する装置において、検査対象物を撮像する画像入力装置と、画像に正規化処理を施した後、ノイズを除去できる低いしきい値で2値化した領域を初期の核とし、多段階の濃度範囲で2値化した領域が、核領域と近接していれば核領域に反復的に統合する多重多段階スライス法を用いて線状欠陥候補を検出する画像処理装置と、この各線状欠陥候補を直線セグメントに記述し、これら直線セグメントの方向の連続性が局所的に保たれているセグメントを統合すると共に、2つ以上のセグメントが大局的に直線或いは2次曲線を構成しているかを判定し、2次曲線を構成する場合には、構成要素となる各セグメントを結合し、局所的欠陥領域の結合と大局的欠陥領域の結合より、微細線状欠陥を抽出する判定装置とを備えた微細線状欠陥検出装置である。

【0013】上記構成によれば、画像の濃淡情報のみか\*

$$I_N(x, y) = (\sigma_N / \sigma) (I(x, y) - m) + m_N \quad \dots(1)$$

ただし、

$I(x, y)$  : 入力原画像の点 $(x, y)$ における濃淡値

$I_N(x, y)$  : 正規化画像の点 $(x, y)$ における濃淡値

である。

【0022】図3(a)は、画像全体が暗く、コントラストが低い画像の濃淡ヒストグラムを表している。このような画像を正規化することによって、図3(b)に示すように全体に明るさのバランスがとれ、コントラストの良い画像に変換される。すなわち、照明条件や入力装置の設定条件によって、暗すぎたり、明るすぎたり、或いはコントラストが低いような画像が入力されたとしても、正規化することによって、欠陥領域の濃度範囲が略同じ範囲に変換される。その結果、以後の処理におけるパラメータを略固定することが可能となり、自動化を図※50

\*ら、良好な線状欠陥候補をノイズと区別して検出すると共に、得られた線状欠陥候補を局所的／大局的探索で欠陥部を結合することでさらに良好に線状欠陥を検出できる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適一実施の形態を添付図面に基づいて詳述する。

【0015】先ず、微細線状欠陥の検出装置の装置構成を図2により説明する。

10 【0016】被検査対象である対象物20を画像入力装置21で撮像し、その取り込んだ画像を画像処理装置22で画像処理して判定装置23にて抽出した微細線状欠陥を判定する。

【0017】この画像処理と判定の概略を図1により説明すると、処理が開始25され、画像入力26がなされた後、画像正規化処理27を行って、濃淡ヒストグラムの平均値及び分散値を一定値に変換した後、多重多段階スライス法による線状候補領域の抽出28を行い、その抽出した線状候補について連続している線かどうかの判定を大局的探索による領域結合29と局所的探索による領域結合30の双方で評価して、微細線状欠陥領域の抽出31を行った後、処理を終了32する。

【0018】以下、これらの処理を順に説明する。

【0019】(1)画像の正規化処理  
入力した画像は、その撮像状況によって濃淡にバラツキがあるため、濃度の正規化処理を行う。

【0020】正規化処理とは、濃度平均値 $m$ 、標準偏差 $\sigma$ の入力画像を、式(1)に従って、濃度平均 $m_N$ 、標準偏差 $\sigma_N$ の画像に変換する処理をいう。一般に、正規化処理は、感度が異なるセンサで撮像された同種の画像間の標準化を行う際に有効である。

【0021】

※ることができる。

【0023】(2)多重多段階スライス法による線状候補領域の抽出

多重多段階スライス法とは、図4(a)に示すような局所的な濃淡変化を繰り返すヘアクラックを抽出し、かつ、ノイズの包含を避ける方法である。

40 【0024】図4(a)に示すよう、正規化した画像中の線状分の濃度分布40に、線状領域41とノイズ42があるとすると。この場合、抽出される線状領域41は、濃度範囲 $T_0 \sim T_4$ に濃度が分布し、線状領域41は、 $T_1 \sim T_4$ に濃度が分布し、 $T_4$ 以上は、対象物の表面である。

【0025】さて先ず、正規化画像を濃淡モフォロジ処理によって、画像撮影時の濃淡ムラを除去する。すなわち、正規化画像に対して所定のフィルタサイズで濃淡モフォロジ処理をし、その画像と正規化画像の濃淡値

の差分を求めることで、濃淡ムラの除去された画像が得られる。この画像を、非常に低い濃度しきい値 $T_1$ で2値化することによって、図4(b)の①に示すように、断片的ではあるが確実に線状欠陥の一部41aであると判定される部分を抽出する。この抽出画像50は、図5(a)に示すように、ノイズを含まない、線状欠陥51aの領域を示している。

【0026】次いで、図4(b)の②に示すように、そのしきい値 $T_1$ よりも少し高い濃度しきい値範囲 $T_1 \sim T_2$ の部分41b、42bを2値化により取り出し、これが①で抽出した部分41aと近接しているかどうかを調べ、近接していれば、図4(b)の③に示すように結合して連結部分41cとする。この場合、ノイズの部分42bは、線状欠陥の部分41aに近接していないため連結されず、同様にこの段階では、図4(b)の②の中央の部分41b0は連結されない。

【0027】以下同様にして $\{T_1 + (i-1)\alpha < T < T_1 + i\alpha \quad i=1, \dots, N\}$ の部分を取りだし、それがこれまでに抽出した部分に近接するか否かを調べ、近接している場合には線状欠陥として延長登録して、③の連結部分41cに、④の $T_2 \sim T_3$ の部分41dを連結して⑤の連結部分41eとし、さらにこの連結部分41eに⑥の $T_3 \sim T_4$ の部分41fを連結して⑦の連結部分41gとする。

【0028】この操作をN回(図4の例では3回)繰り返して、濃度範囲 $T_1 \sim T_4$ までの連結を終えた後、さらに以上のことを、低いしきい値 $T_1$ からN回繰り返して、これらを集計した部分を線状領域とする。このように同じ処理ループをN回(図では3回)繰り返すことにより、④の部分41d0は、⑦の連結部分41gと連続しているため、⑧の連結部分41hとなり、さらに、②の中央の部分41b0は、⑧の連結部分41hと連続しているため、⑨の連結部分41iとされて全ての線状領域が抽出され、またノイズ42b、42d、42f分は、①の部分41aと連続していないため、抽出されない。

【0029】このように図5(a)に示した線状欠陥51aの初期領域に含まれない連結領域が、1ループ目の成長で、図5(b)に示すように線状欠陥51gが、次いで2、3ループで、図5(c)、図5(d)に示すように、順次成長した線状欠陥51h、51iを抽出することが可能となる。

【0030】このように多重多段階スライス法にて線状候補を抽出することで、2段階しきい値法よりノイズを抑え、精度良く線状欠陥を抽出することが可能となる。

【0031】次に、本発明をさらに説明する。

【0032】多重多段階スライス法による連結処理において、線状領域に対し、大きく離れたノイズ分は、基本的には検出されないが、線状欠陥52に近接しているノイズ53、54については、図5(c)、図5(d)に

示すようにが検出されてしまう。

【0033】そこで、以下の処理で、線状欠陥に近接するノイズ分を除去する。

【0034】(3)局所的及び大局的探索による欠陥領域の結合

多重多段階スライス法を用いても、線状欠陥領域に近接するノイズだけは除去することはできない。このようなノイズは、抽出したい線状欠陥領域の濃度範囲、領域形状、領域面積等が同じであるため、単なる画像処理手法を組み合わせても除去することができない。

【0035】そこで、飛び飛びに得られた線状領域を直線セグメントに記述し、幾何学的な連続性、及びフィット性を基に、同一欠陥部分として直線セグメントを結合していく。これにより、1本の連続した線状欠陥を抽出すると共に、線状欠陥に近接したノイズを区別することができる。直線セグメントを結合するのに、局所的探索及び大局的探索の2つのアプローチをとる。

【0036】a. 局所的探索による欠陥領域の結合

本処理は、図6に示すように、直線に記述されたセグメント群Sの中から、局所的にみて近距離にあり、かつ方向の連続性が保たれているものを統合していくものである。すなわち、まず比較的長い直線セグメントS0をベースセグメントと名付け、このベースセグメントS0を幅Wだけ太らせたリボン状領域80を生成する。次に、ベースセグメントS0の端点から、距離r以内に端点を持ち、セグメント全体がリボン領域80内に含まれる直線セグメントの中で方向が同じセグメントS1を統合し、この操作を成長が止まるまで繰り返す。その際、リボン領域80内に含まれない点線で示したセグメントsは連結候補に入れない。このようにリボン状領域80にある連続性のあるセグメントSを逐次的に探索することで、セグメントSと方向が異なるノイズ分を除去できることとなる。

【0037】b. 大局的探索による欠陥領域の結合

図6に示した局所的探索では、周囲を見渡して隣接する欠陥候補を結合してしまうため、大きく離れた欠陥候補同士を結び付けることはできない。そこで、2つ以上の直線セグメントが直線或いは2次曲線を構成しているか否かを仮説検証によって判定し、大きく離れていても、統合する処理を行う。これにより、マクロ的にみて、直線或いは2次曲線で構成される直線群を検出することができる。

【0038】図7(a)は、各ベースセグメントS0ごとに、他の候補セグメントS'0とのペアで直線lを形成できるか否かを判定し、可能である場合には最小二乗法によって直線を生成する。

【0039】次に、図7(b)に示すように、この直線l上に存在する候補セグメントSを全て検出する。そして、セグメントS群が構成する全直線の長さがあるしきい値以上で、かつその全体の長さに占めるセグメントS

の比率が高ければ、図7(c)に示すように線状欠陥71と判定する。その際、点線で示したセグメントsのように、あまりにも大きく離れている場合は、分断して、それぞれの直線群に対して仮説検証を行う。

【0040】局所的及び大局的探索で線状欠陥を抽出する模式図を図8に示す。

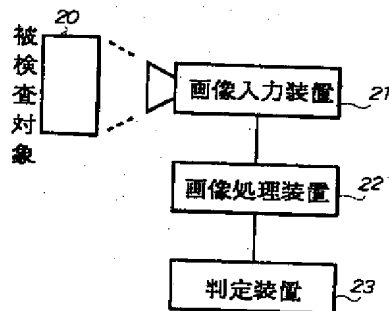
【0041】先ず、図8(a)は、上述した多重多段階スライス法で抽出した線状欠陥候補を直線セグメント81に記述した画像80aを示す。直線セグメント81から図8(b)に示すように、比較的長さが長いベースセグメントS0を抽出し、図8(c)では、局所的探索法を用いて、近接し、かつ方向性が保たれるセグメント群を抽出して線状欠陥81cとしている。ただし、81dのように大きく離れたセグメント同士は抽出することができない。図8(d)では、大局的探索法を用いて大きく離れたセグメント群を直線として線状欠陥81dを抽出している。2つの画像80c、80dを合成することにより、図8(e)のように線状欠陥81eのみの画像80eを得ることができる。

【0042】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、画像の濃淡情報のみから、良好な線状欠陥候補をノイズと区別して検出すると共に、得られた線状欠陥候補を局所的／大局的探索で欠陥部を結合することでさらに良好に線状欠陥を検出できる。

【図面の簡単な説明】

【図2】



【図1】本発明の微細線状欠陥を検出する処理フローを説明する図である。

【図2】本発明の微細線状欠陥を検出する装置構成を示す図である。

【図3】本発明において、正規化処理を説明する図である。

【図4】本発明において、多重多段階スライス法で、線状欠陥を抽出するための説明図である。

10 【図5】図4の多重多段階スライス法で、線状領域を連結成長させた過程の画像を示す図である。

【図6】本発明において、局所的探索による領域の結合を説明する図である。

【図7】本発明において、大局的探索による領域の結合を説明する図である。

【図8】本発明において、多重多段階スライス法で、抽出した線状欠陥候補から線状欠陥を抽出するまでの模式図を示す図である。

【図9】従来の2段階しきい値法による線状欠陥の抽出を説明する図である。

20 【図10】同じく従来の2段階しきい値法による線状欠陥の抽出を説明する図である。

【符号の説明】

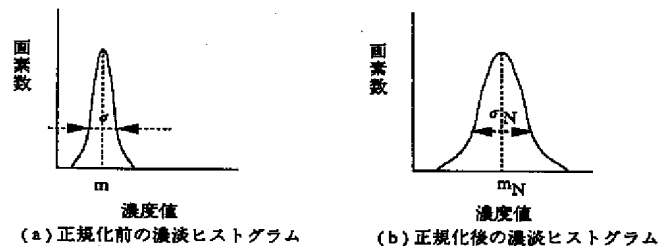
41 a, b, d, f 線状欠陥

42 ノイズ

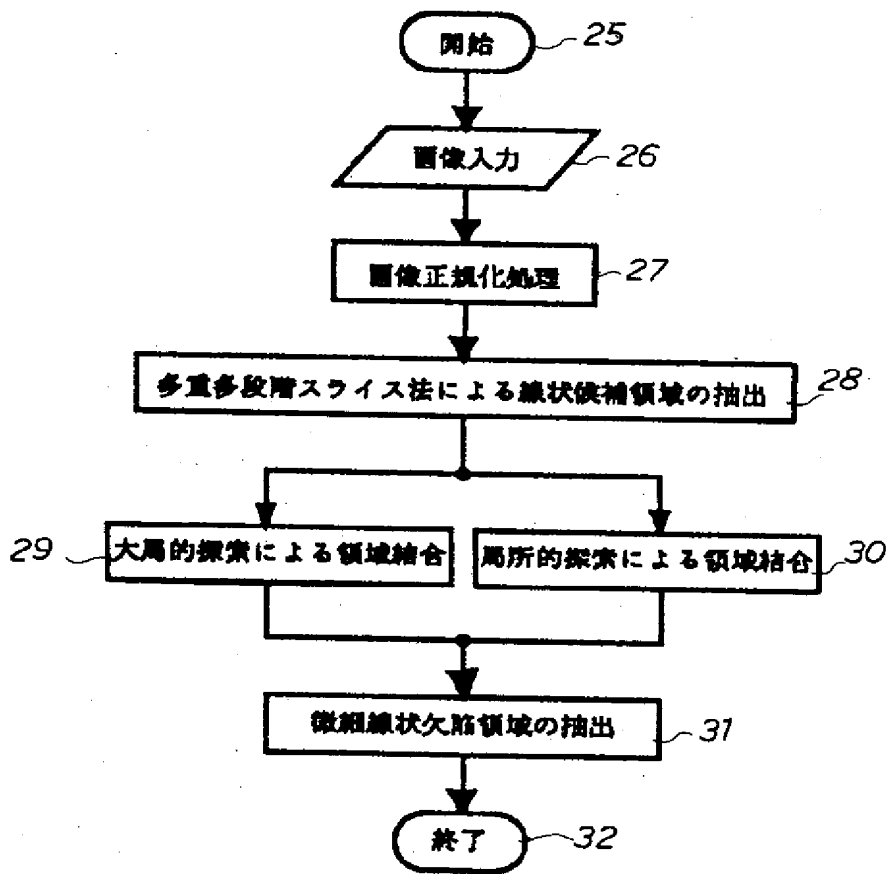
T<sub>1</sub> ~ T<sub>4</sub> 多段階の濃度範囲

41 i 線状欠陥候補

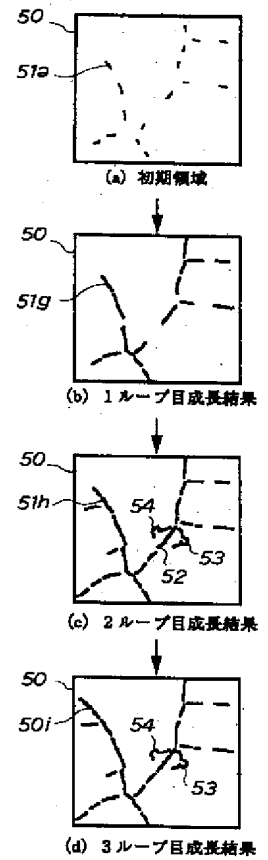
【図3】



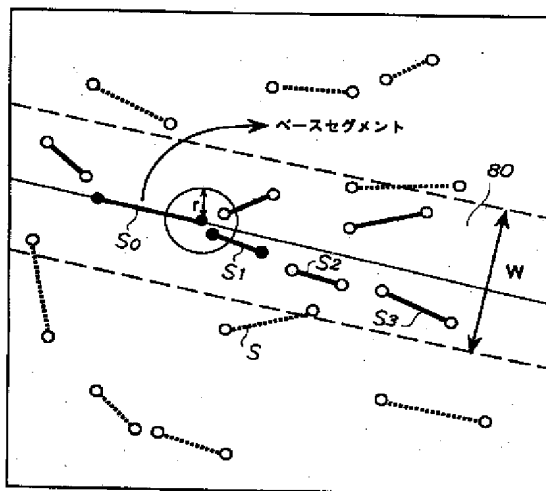
【図1】



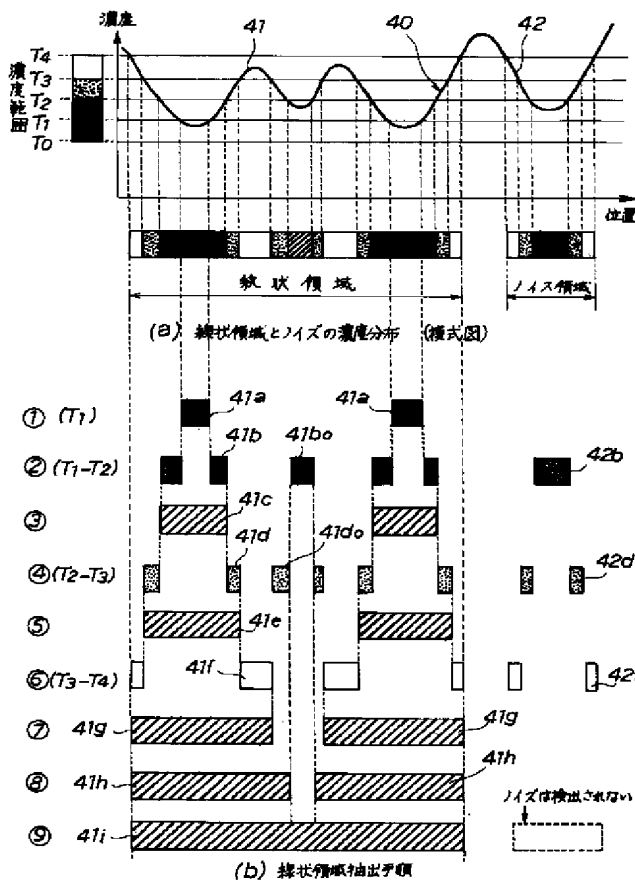
【図5】



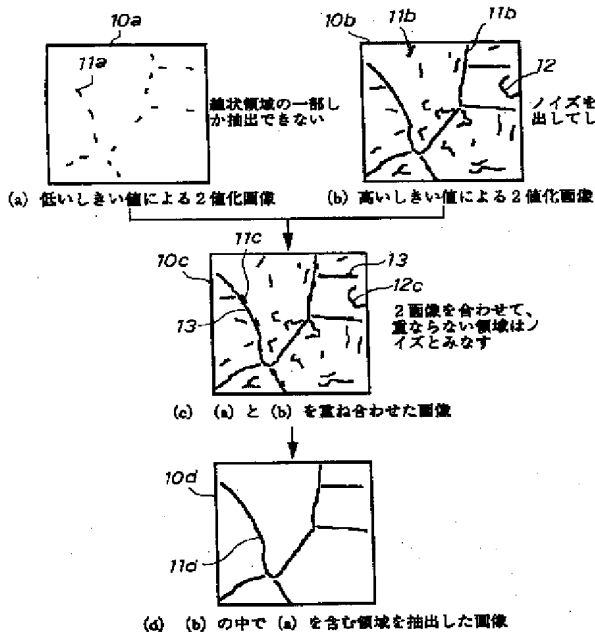
【図6】



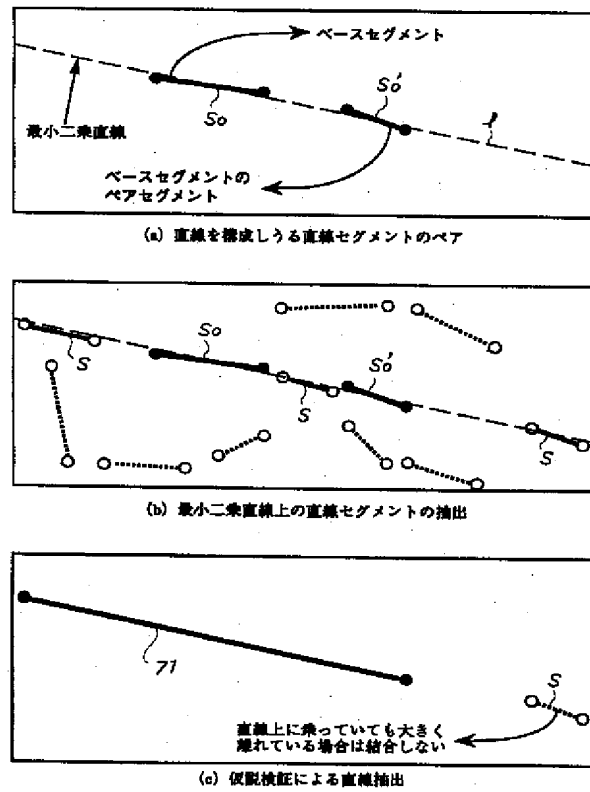
【図4】



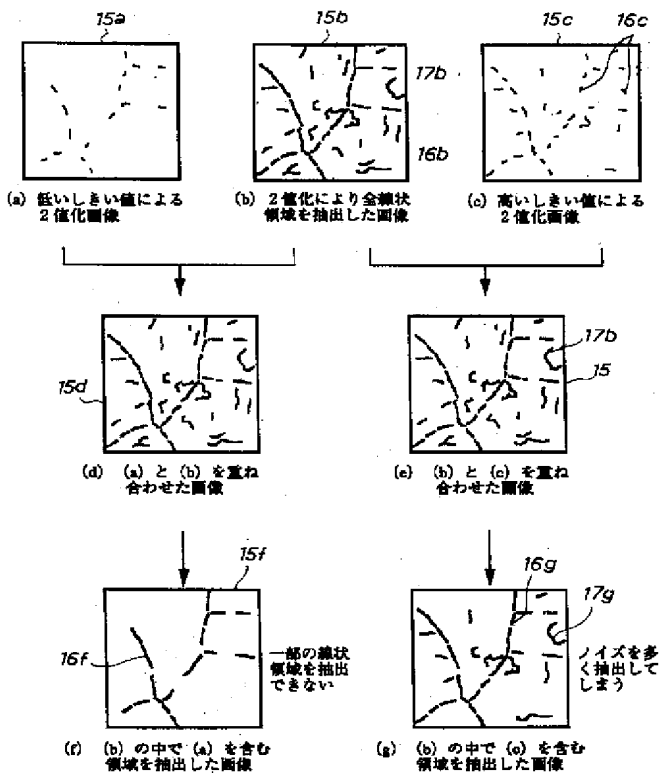
【図10】



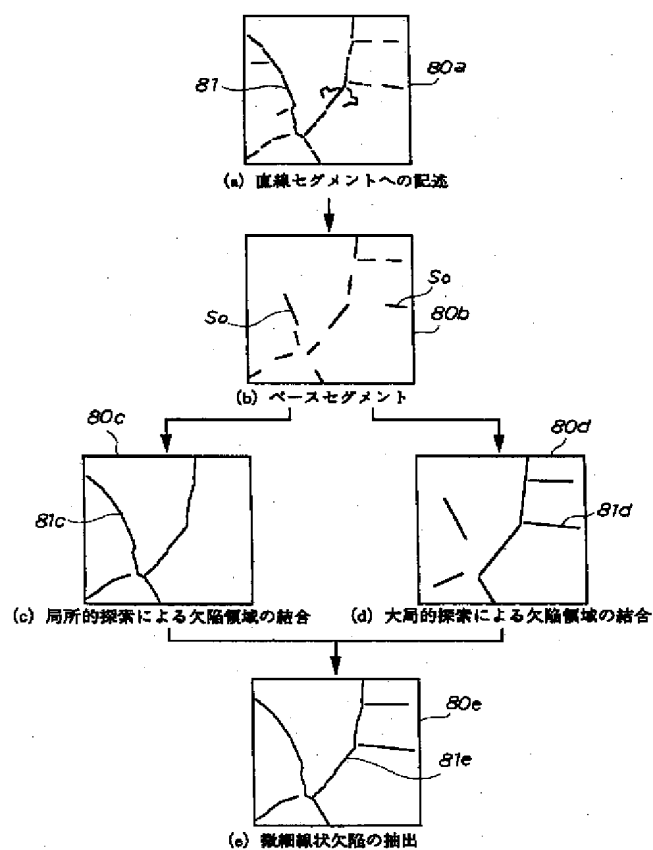
【図7】



【図9】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 出川 定男  
東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島  
播磨重工業株式会社東二テクニカルセンタ  
ー内